

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

**Návrh motokáry  
Design of Go-kart**

Student: Ondřej Drozd  
Vedoucí diplomové práce: Dr.Ing. Plchová Anna

Ostrava 2009



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### Návrh motokáry

### *Design of Go-kart*

**Student:** Ondřej Drozd  
**Studijní obor:** 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
**Specializace:** 2302R010-60 Průmyslový design  
**Pracoviště:** Katedra výrobních strojů a konstruování -340

### **Zásady pro zpracování:**

1. Proved'te rešerši v oblasti používaných a prodávaných soutěžních motokár pro sport a pro volný čas.
2. Na základě spolupráce s řešiteli diplomové práce navrhnete koncepční řešení kapoty motokáry.
3. Nosnost a další technické parametry budou shodné se zadáním řešitelů diplomové práce.
4. Pro vytvoření 3D modelu zvolte CAD/CAM systém používaný na Fakultě strojní.
5. Ze 3D modelu a exportovaných dat řešitelů vytvořte sestavný výkres konstrukčního řešení motokáry.
6. Nakreslete jeden dílenský výkres ze sestavy (zadání bude upřesněno v průběhu řešení).
7. Proved'te nezbytné výpočty s využitím speciálních SW.
8. Bakalářská práce vyhotovená v souladu s požadavky a předpisy FS bude obsahovat úvodní rešerši, návrh konceptu, nezbytné pevnostní výpočty a popis konstrukčního řešení.

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

# **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

DROZD O. Design sportovní motokáry. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava, 2009, 36 stran Bakalářské práce, vedoucí Dr. Ing. Anna Plchová.

Bakalářské práce se zabývá designem kapoty sportovní motokáry určené pro vnitřní a vnější závodní okruhy. Na začátku práce je výčet motokár rozdělený do kategorií dle jejich vlastností. Po srovnání jednotlivých druhů motokár je navržen základní tvar a propojovací části motokáry. V práci je obsaženo několik variant, ze kterých je nakonec vybraná nejvhodnější.

Při navrhování kapoty je brán zřetel především na pohodlí jezdce, v práci se tedy objevují ergonomické normy. Důležitou součástí je taky samotný vzhled motokáry jako celku s ohledem na zachování její funkčnosti, spolehlivosti, bezpečnosti a estetickému ladění. Práce je doplněna nezbytnými výpočty pro připevnění k rámu.

## **ANOTATION OF THESIS**

DROZD O. Design of Go-kart. Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 36 p. Thesis, Head: Dr. Ing. Anna Plchová.

The thesis deals with a design of the sports kart bonnet for outdoor and indoor racing circuits. At the beginning of my thesis, the list of the karts according to their characteristic features is presented. After comparing various types of the karts, the basic shape and connecting parts of the kart are designed. The thesis offers more variants from which the most suitable one is chosen.

When designing the bonnet, the importance is put mainly to the driver's comfort that is the reason why ergonomic norms appear in the thesis. A very important part is the appearance of the kart itself preserving its functionality, reliability, safety and aesthetic value.

The thesis is completed with the figures necessary for fixing to the frame.

# Obsah

	Seznam použitého značení .....	7
1	Úvod a cíle práce .....	8
2	Rešerše .....	9
2.1	Rozdělení motokár – dle konstrukce .....	10
2.1.1	2 - stopé .....	10
2.1.2	3 - stopé .....	11
2.2	Rozdělení 2 - stopých motokár - dle využití .....	12
2.2.1	Pro volný čas .....	12
2.2.2	Závodní .....	12
2.3	Rozdělení 2 - stopých motokár – dle použití .....	13
2.3.1	Silniční .....	13
2.3.2	Terénní .....	13
2.4	Rozdělení 3 - stopých motokár – dle využití .....	14
2.4.1	Pro volný čas .....	14
2.4.2	Závodní .....	14
2.5	Designové studie .....	15
3	Vlastní návrh konceptu .....	16
3.1	Požadavky na vlastnosti kapotáže .....	16
3.2	Koncepty a skici .....	16
3.3	Konstrukční řešení .....	20
3.4	Řešení detailů .....	21
3.4.1	Sedadlo .....	21
3.4.2	Volant .....	23
3.4.3	Kola .....	25
4	Výpočty a použité komponenty .....	26
4.1	1. Varianta uchycení .....	26
4.2	2. Varianta uchycení .....	27
4.3	Pevnostní výpočty .....	28
4.4	Vizualizace úchytů pro kapotu .....	30
4.5	Použité spojovací součásti .....	31
5	Výsledné vizualizace .....	32
6	Zhodnocení a závěr .....	34
7	Seznam použitých pramenů .....	35
8	Přílohy .....	36

## Seznam použitého značení

$a$	char. rozměr svaru	[mm]
$d$	vnější průměr trubky rámu	[mm]
$k$	součinitel bezpečnosti	[-]
$l$	délka svaru	[mm]
$F$	síla	[N]
$R_e$	napětí na mezi kluzu	[MPa]
$S$	plocha svaru	[mm <sup>2</sup> ]
$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$\sigma_D$	dovolené napětí materiálu	[MPa]
$\tau_s$	smykové napětí	[MPa]
$\tau_{DS}$	dovolené smykové napětí	[MPa]

# 1 Úvod a cíle práce

Motosport je v dnešní době velice oblíbený, ať už ho lidé provozují aktivně jako samotní jezdci nebo pracují v zázemí závodních týmů, tak pasivně jako diváci a fandové.

Po prozkoumání stávajícího trhu (viz. rešerše v druhém bodě osnovy) jsem zjistil, že až na pár výjimek, které byly většinou také jen designové studie, které se do výroby nikdy nedostanou, byl trh vcelku jednotvárný. A to včetně motokár závodních, což mně docela zaskočilo, protože jako fanoušek výše zmiňovaného motosportu jsem zvyklý, že závodní týmy každoročně představují nové modely.

Jako řešení mé bakalářské práce byl tedy po konzultaci s vedoucí vybrán návrh motokáry. Pro upřesnění se jedná o design kapoty. Díky spolupráci se dvěma diplomanty bude připevněna na kompletní podvozek včetně pohonu.

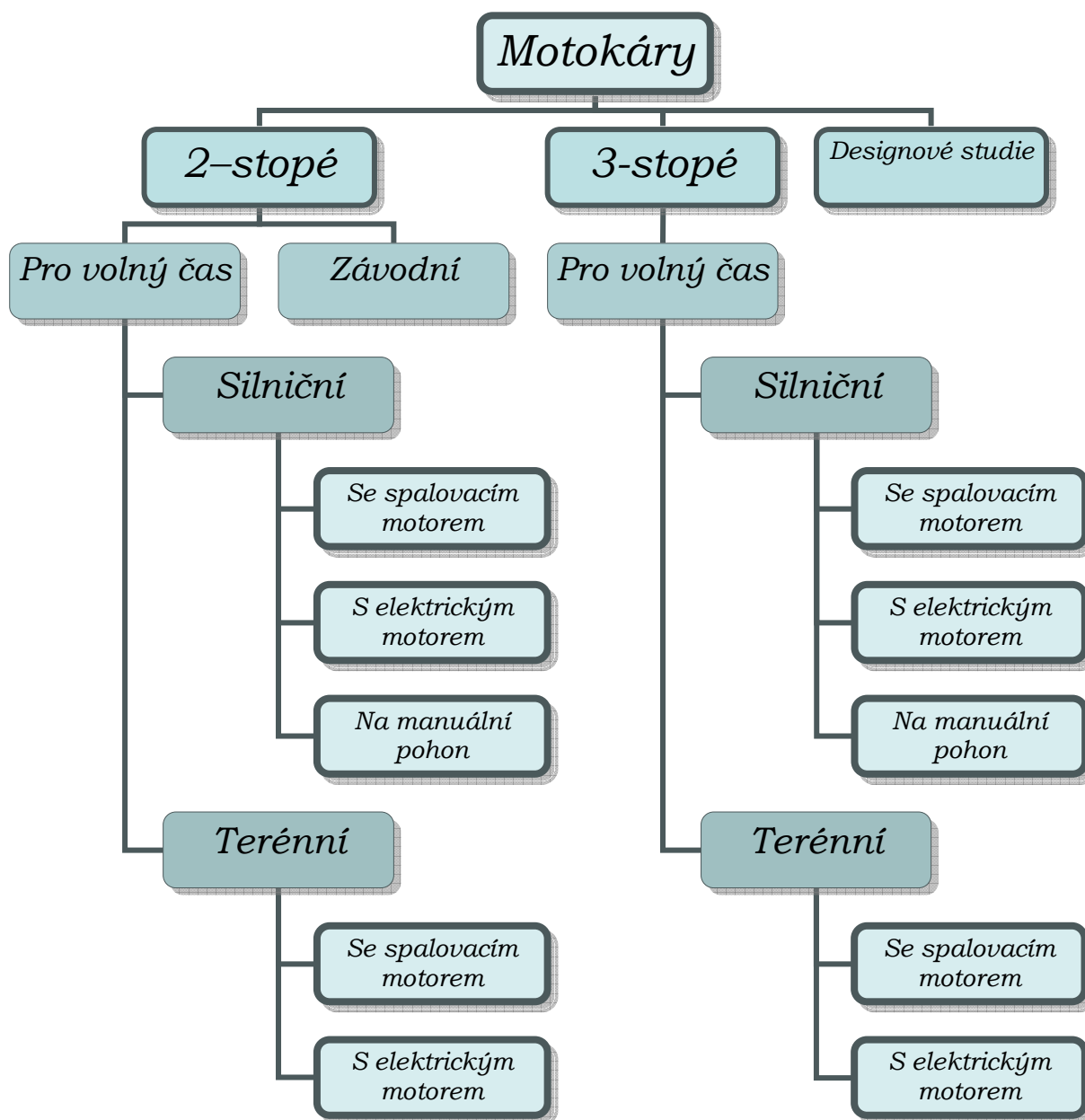
Cílem bylo vytvořit na stávající podvozek kapotáž, která by na první pohled zaujala, byla něčím jiným, zvláštním, s čím ještě nikdo na trh nepřišel. Podrobný vývoj kapotáže, od prvních skic až po finální podobu můžete vidět v dalších bodech mé bakalářské práce. Kromě kapotáže jsou zde řešeny také ergonomické studie, které jsou nezbytnou součástí návrhu každého výrobku, motorových vozidel nevyjímaje.

Dalším bodem je připevnění kapotáže k podvozku, výběr materiálu, ze kterého bude vyrobena a také nezbytné barevné kombinace, které hrají určitě velikou roli ve vzhledu finálního výrobku.



## 2 Rešerše

Na obr. 2.1 je základní schéma rozdělení motokár dle konstrukce, dle použití, z hlediska použitého pohonu apod. Podrobnější informace jsou pak uvedeny u jednotlivých typů.



Obr. 2.1 Rozdělení motokár

## 2.1 Rozdělení motokár – dle konstrukce

### 2.1.1 2 - stopé

Tato skupina motokár patří mezi ty neznámější a jsou na trhu běžně dostupné, v dnešní době internetových obchodů jsou k sehnání téměř kdekoli.

Nejčastěji je základem ocelový rám (ocelové trubky spojené pomocí svařování nebo trubky ohýbané), na který jsou připevněny zbylé komponenty motokáry, jako jsou kola, pohon, řízení atd.

Jako ukázkou jsem vybral následující káry: dětská šlapací motokára obr. 2.2, vyrobená pomocí ohýbaných svařených trubek.



Obr. 2.2 Dětská šlapací motokára

Další je již o něco modernější motokára obr. 2.3, její základ opět tvoří svařovaný trubkový rám, o pohon se stará elektromotor a je určena již odrostlejšímu dítěti. Poslední je typický závodní motokára se spalovacím motorem obr. 2.4 určená jak pro vnitřní závodní prostory, tak i pro venkovní závodní okruhy.



Obr. 2.3 Motokára pro mládež



Obr. 2.4 Příklad závodní motokáry

### 2.1.2 3 - stopé

Tento druh motokár je z hlediska jejich konstrukce již méně obvyklý a to již na první pohled, protože nemají tradiční čtyři kola, ale tři, a to buď v uspořádání dvě kola vepředu a jedno vzadu nebo naopak, tedy jedno kolo vepředu a dvě vzadu.



*Obr. 2.5 Tříkolá – šlapací*

Mezi jejich zástupce jsem vybral tyto káry. První z nich obr. 2.5 je kára konstrukce dvě řízená kola vepředu, která jsou rovněž hnaná, v tomto případně manuálně tedy šlapáním a jedno kolo vzadu, které drží stabilitu. Všechny komponenty jsou připevněny na ocelovém rámu. Je určena na cesty i do lehčího terénu.

Další, konstrukčně složitější motokára obr. 2.6 v rozložení kol 2+1, tedy dvě řízené kola vepředu a jedno, stabilizační a hnací zároveň, vzadu. Základem konstrukce je opět trubkový rám a celá motokára je zakrytována laminátovou kapotáží.

Poslední z této kategorie je „polo“ kára a motocykl firmy BMW obr. 2.7, jedná se již o složitý model určený do běžného silničního provozu. Zadní kola jsou hnaná a jedno přední je řízeno. Je již zcela kapotovaná.



*Obr. 2.6 Třístopá motokára*



*Obr. 2.7 Třístopá motokára BMW*

## 2.2 Rozdělení 2 - stopých motokár - dle využití

### 2.2.1 Pro volný čas

Tyto motokáry budou určeny především hravým dětem, které na nich stráví hodně volného času, ale nikde není určeno že dospělí na ně nemůžou! Maximálně budou limitování nosností káry. I když tyto motokáry nikdy nebudou dosahovat závratných rychlostí, jejich pohony jsou buď šlapací nebo pomocí elektromotoru na dobíjení, nemělo by se zapomínat při jejich provozu na bezpečnostní prvky.

Zástupcem této motokáry jsem vybral výrobek americké firmy Razor obr. 2.8.



Obr. 2.8 Motokára firmy Razor

### 2.2.2 Závodní

Jako druhou kategorii motokár rozdělených dle využití jsem zvolil motokáry závodní. Tento druh motokár obr. 2.9. je všeobecně znám a skoro každý si pod tímto slovem vybaví právě tuto motokáru.

Motokára je pohaněná spalovacím motorem který přenáší výkon na zadní nápravu. Brzdění je dosaženo pomocí kotoučové brzdy na zadní nápravě. Tyto motokáry se vyrábí o různých výkonech od hobby závodníku, kteří jezdí v halách i pod širým nebem, až po motokáry plně závodní, určené pro závodní okruhy. Dosahují rychlostí přes 100 km/h.



Obr. 2.9 Motokára s možností rychlosti 100km/h

## 2.3 Rozdělení 2 - stopých motokár – dle použití

### 2.3.1 Silniční

Silniční motokáry poznáte na první pohled, jsou většinou co nejvíce „přilepené“ k zemi, aby dosahovaly co nejmenších odporových koeficientů a tedy i jejich jízdní vlastnosti byly co nejlepší. Jsou většinou vyráběny sériově u renomovaných firem, nebo jako koncepty schváleny pro běžný silniční provoz. Mohou být také vyráběny na zakázku u menších firem, které se tímto odvětvím zabývají. Jako příklad pro silniční motokáry (nevím ovšem, jestli v tomto případě může být ještě o motokáře řeč) byl vybrán model rakouské firmy KTM známé výrobou motocyklů KTM X - Bow obr. 2.10.



*Obr. 2.10 Model rakouské firmy KTM*

### 2.3.2 Terénní

Motokáry určené pro terén se na první pohled liší od silničních masivním rámem, který má v případě překlopení káry na střechu ochránit posádku. Dále se liší v nastavení pérování, které je mnohem měkčí aby dobře tlumilo nerovnosti. Rovněž kola s pneumatikami jsou přizpůsobeny nepevným povrchům, kola mají menší rozměry, naopak pneumatiky jsou oproti silničním verzím větší, nejčastěji s vystupujícím vzorkem. Na trhu jsou k běžně k dostání v mnoha různých variantách. Jak příklad je uvedena 2 – místná terénní motokára obr. 2.11 se spalovacím motorem.



*Obr. 2.11 Terénní motokára se spalovacím motorem*

## 2.4 Rozdělení 3 - stopých motokár – dle využití

### 2.4.1 Pro volný čas

V těchto 3 - stopých motokárách najdou určitě zalíbení dobrodruzi se sportovním zaměřením a radostí z jízdy. Tato nevšední konstrukce zajistí, že posádka se za žádných okolností nebude za jízdy nudit. Pro znázornění zde slouží výrobek s názvem VentureOne obr. 2.12, posádka v něm sedí nezvykle za sebou, výrobce říká, že tento model je kombinací motorky, auta a letadla. O pohon se stará v dnešní době hodně populární hybridní pohon.



*Obr. 2.12 Motokára firmy VentureOne*

### 2.4.2 Závodní

Na závěr tohoto hlavního rozdělení jsem vybral netradiční, 3 - kolovou motokáru obr. 2.13, která se běžně nevyskytuje a není takřka k vidění. Jedná se o závodní model, na první pohled se lišící od silničního. Má jako každé jiné závodní vozidlo bezpečnostní rám, sedačky s několika bodovými pásy a mnohé další úpravy určené k závodění.

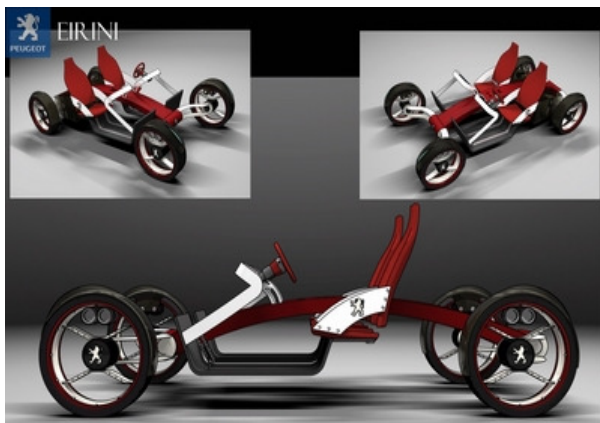


*Obr. 2.13 Speciální úprava pro závody*

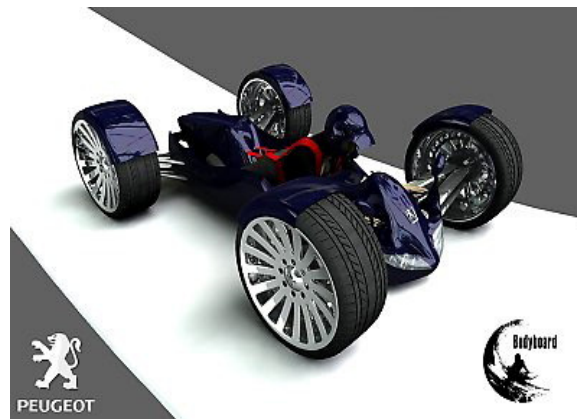


## 2.5 Designové studie

Netradičně stavěná motokára založená konstrukčně na ocelovém oblouku, ke kterému jsou připevněny veškeré součásti, pohon obstarávají elektromotory v jednotlivých kolech, je určena pro 2 osoby a byla navržena pro firmu Peugeot obr. 2.14.



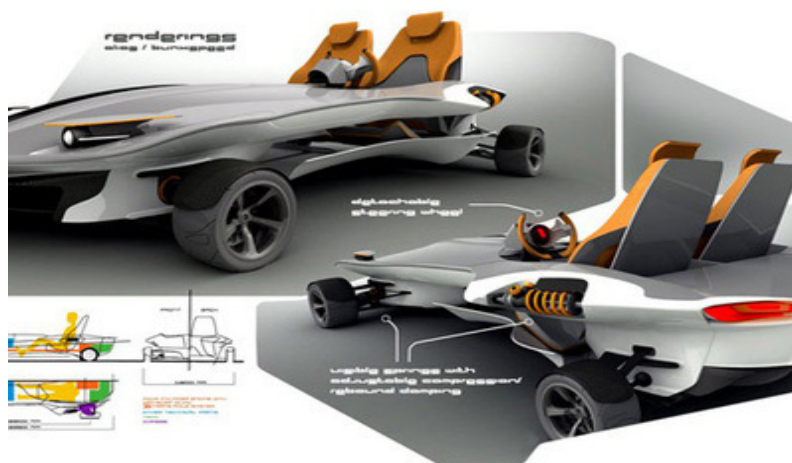
Obr. 2.14 Studie firmy Peugeot a)



Obr. 2.15 Studie firmy Peugeot b)

Velice netradiční motokára, která je opět navržena pro francouzskou automobilku Peugeot obr. 2.15, u které na první pohled zaujme poloha řidiče, která je nezvykle vleže.

Konstrukce motokáry na obr. 2.16 zaujme především vyklápěním ovládání a sedadel, což je z hlediska parkování velmi praktické. Rovněž zaujme dynamický vzhled.



Obr. 2.16 Studie – důraz na dynamický vzhled

### **3 Vlastní návrh konceptu**

Ve vlastním řešení jsou zohledněny základní parametry, kterými jsou ergonomie, materiály, tvar, konstrukce a funkčnost.

Tato motokára je přizpůsobena pro rovný, asfaltový povrch a slouží pro amatérské okruhy a hobby závodění. Její konstrukce je stavěná pro 1 osobu, která sedí ve střední části motokáry.

Typickými materiály, které se používají pro tento druh motokár je sklolaminát pro různé kryty a ABS plast pro nárazníky.

#### **3.1 Požadavky na vlastnosti kapotáže**

Kapotáž by měla být navržena s ohledem na pohodlí jezdce a to zvláště v okolí dolních končetin. Sedadlo by mělo mít dostatečnou oporu v bederní části a opěrku hlavy, která v případě nárazu může zabránit případnému zranění. Volant by měl splňovat nezbytná ergonomická hlediska.

Při navrhování možných řešení byl design zaměřen na tyto vlastnosti:

- vzhled
- ergonomie
- bezpečnost (deformační zóny)
- barevná provedení

Materiál, ze kterého bude vyrobena, by měl být dostatečně odolný proti lehkým oděrkám, které jsou v tomto sportu téměř na každodenním pořádku. Z důvodu použití i na venkovních okruzích by měl být taky odolný vůči povětrnostním vlivům.

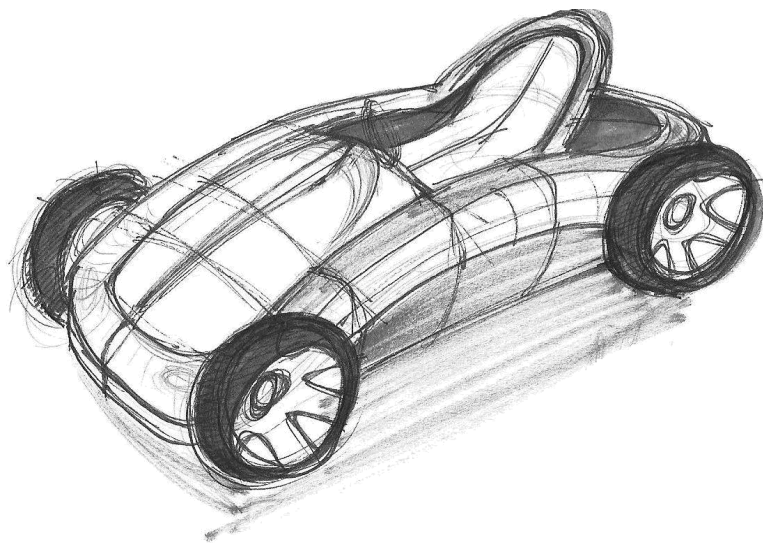
#### **3.2 Koncepty a skici**

Na začátku byly stanoveny základní priority, které byly použity při návrzích. Základním prvkem je oblouk, který se prolíná ve všech variantách návrhů. Dále bylo cílem, aby motokára vypadala dynamicky, přeci jen je to závodní stroj.

Dále bylo cílem, aby motokára vypadala dynamicky, přeci jen je to závodní stroj. A ty jsou v drtivé většině případu navrhovány s agresivním vzhledem, jako by měly zastrašit své soupeře.

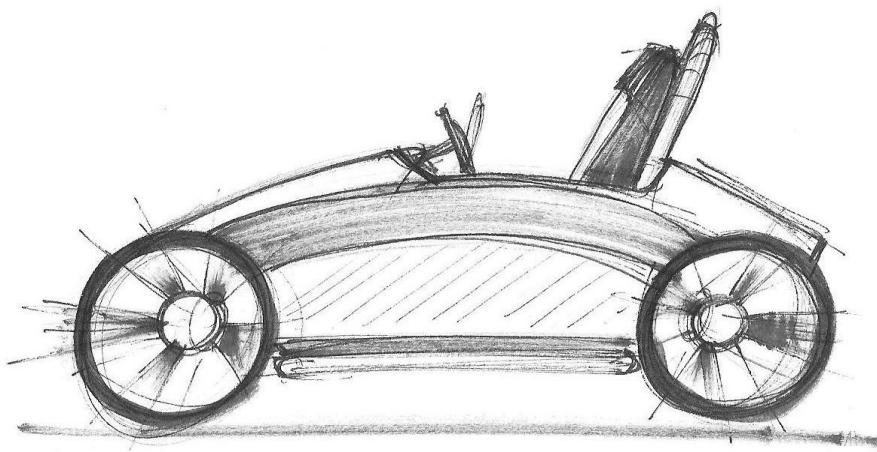


Jeden z prvních návrhů, který se vyznačoval masivní boční konstrukcí, se skládala ze dvou ohnutých profilů, je patrný z obr. 3.1 a obr. 3.2.



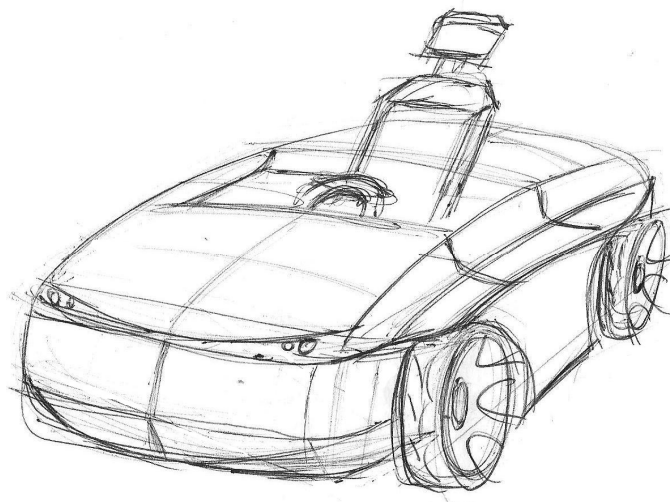
*Obr. 3.1 Návrh kapoty s masivní boční konstrukcí*

Na první pohled zde zaujme mohutnost rámu, která by zajistila dostatečnou tuhost při nárazu. Tato varianta by ovšem byla vzhledem k masivní konstrukci rámu moc těžká, tudíž se od ní upustilo.



*Obr. 3.2 Nárys – pohled prvního návrhu kapoty*

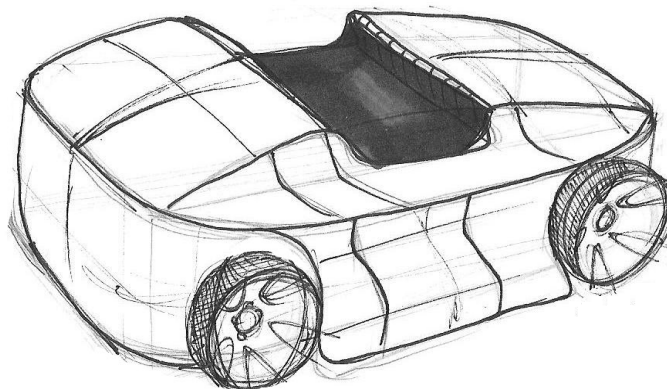
Další z návrhů již byl přizpůsoben montáži na rám motokáry.  
Tato varianta obr. 3.3 a obr. 3.4 se vyznačuje masivní kapotou, které dominují ostré hrany. V bočních částech kapoty jsou k vidění blatníky, které plní dvojí funkci. První slouží k ochraně jezdce před vodou v případě jízdy za deště a druhý aspekt je čistě estetický.



*Obr. 3.3 Varianta 2 – ISO pohled a)*

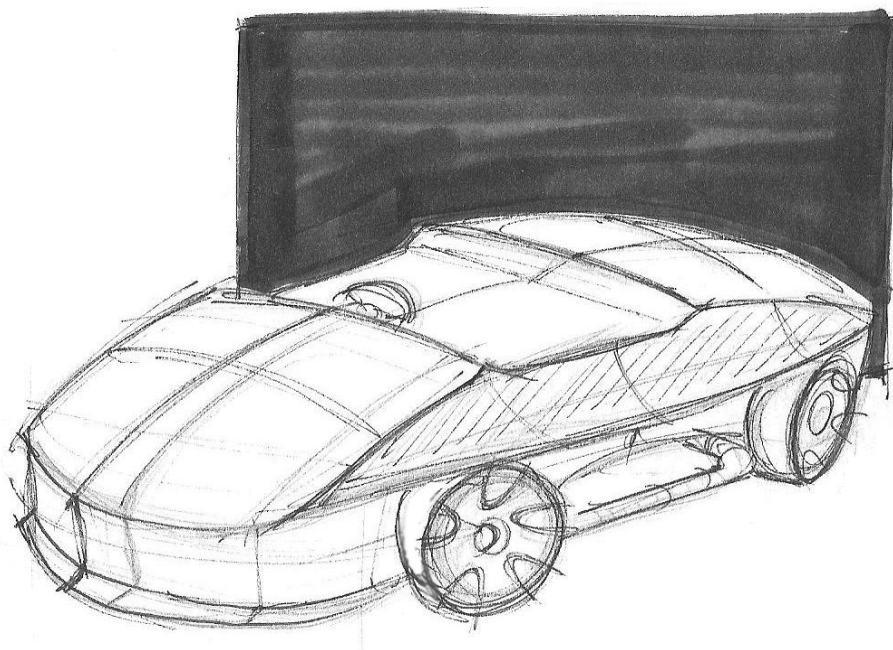
Na začátku se také řešilo umístění světel, ale po čase se od tohoto návrhu upustilo, motokáry je také nemají, jezdí většinou ve dne, světla by tak plnila pouze bezpečnostní funkci, motokáry by byly lépe viditelné.

Nicméně, tento návrh byl moc masivní, rovněž řidičovo nastupování a vystupování by bylo obtížné, kapotáž tedy byla odlehčena.



*Obr. 3.4 Varianta 2 – ISO pohled b)*

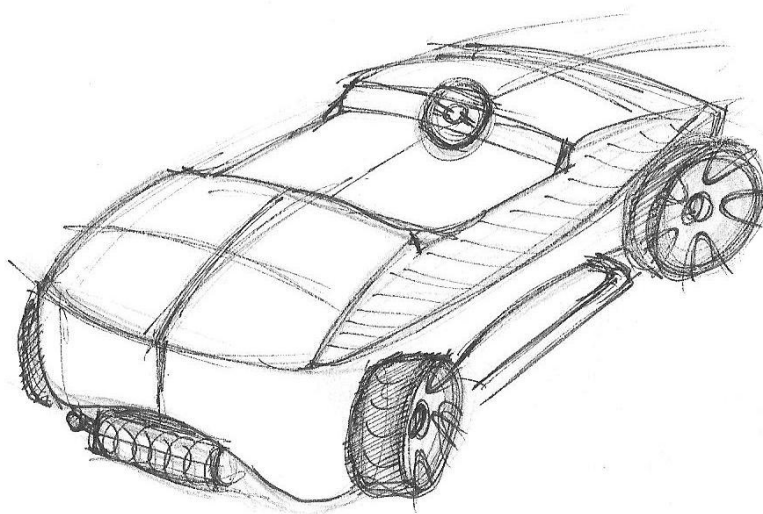
Byly odstraněny postranní lišty u kol a zvětšilo se místo v horní části kapotáže, které je k vidění na skicách obr. 3.5 a obr. 3.6. Na návrzích je také vidět hlavní tvar – oblouk, který se objevuje jak z předního pohledu, tak i z profilu.



*Obr 3.5 Jeden z finálních návrhů – pohled zepředu*

Po odstranění bočních lišt byla odlehčená i spodní část kapoty, která kopíruje tvar profilu celé motokáry. Po tomto odlehčení se rovněž zlepšila přístupnost na jezdcovo místo.

V přední části se kapota mírně svažuje, čímž je docíleno menšího odporu vzduchu při jízdě. Mezi posledními kroky byla úprava zadní části kapoty, kde se přidal otvor pro případné umístění podélného výfuku.

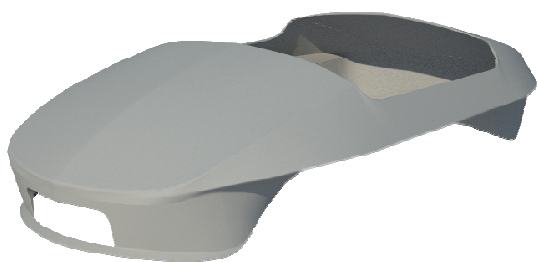


*Obr. 3.6 Jeden z finálních návrhů – pohled zezadu*

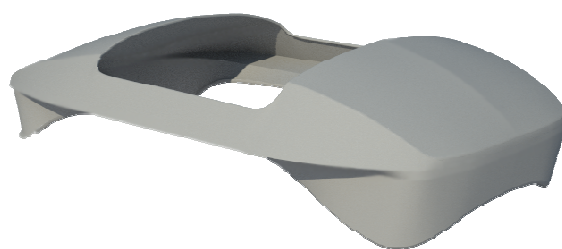
### 3.3 Konstrukční řešení

Jelikož je návrh kapoty pro motokáry koncept, neuvažuje se s ním o sériové výrobě. Bude tedy vyroben z laminátu, který je pro tento prototyp nejvhodnější. Kapota bude mít délku 1850 mm a šířku 1000 mm. V nejvyšším bodě měří 430 mm. Návrh kapoty v izometrických pohledech zepředu a zezadu je na obr. 3.7 a obr. 3.8.

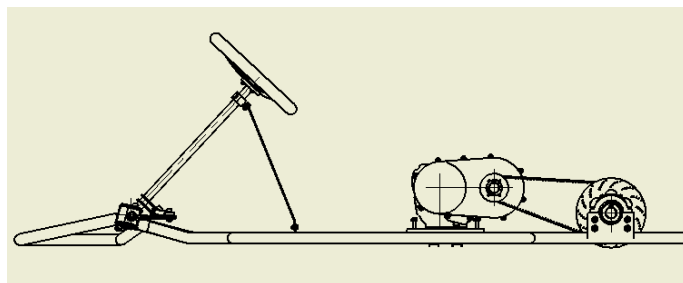
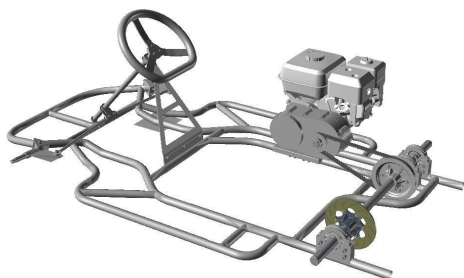
Bakalářská práce je řešena ve spolupráci s diplomanty, jejichž návrh rámu je zobrazen na obr. 3.9, na který bude možno návrh kapoty připevnit. Obrázek nabízí i zjednodušený nárysný pohled na podvozek. 3D model byl vymodelován v programu Inventor.



Obr. 3.7 Přední pohled na kapotu



Obr. 3.8 Pohled na zadní část kapoty



Obr. 3.9 Rám motokáry s pohonem, včetně zjednodušeného nárysného pohledu

## 3.4 Řešení detailů

### 3.4.1 Sedadlo

Při návrhu jezdcova sedadla je dbáno hlavně na dodržení ergonomických požadavků, mezi které patří určitě dostatečná délka sedáku a opěrky, bederní opora pro páteř a opěrka hlavy, která může zamezit nepříjemnému zranění v případě nárazu.

Zároveň byly ponechány sportovní vlastnosti, jako je boční opora těla, která je potřebná při rychlejších průjezdech zatáčkami. Na obr. 3.10 jsou k vidění hlavní požadavky správného sedadla pro sportovní jízdu.

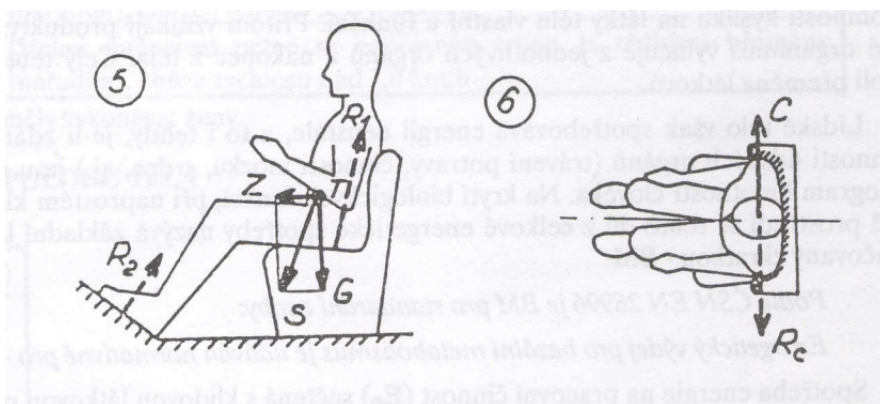
Sedadla u tohoto druhu motokár mají plnit hlavně funkční vlastnosti:

- mají být lehké
- omyvatelné
- snadno opravitelné
- vyměnitelné

Výčet z ergonomické normy (1):

Šikmá sedací plocha a opěrka zachycuje účinek zrychlující síly např. při zabrzdění vozu, boční opěry fixují trup při účinku odstředivé síly  $C$  při pohybu motokáry např. v zatáčkách.

Náhled obrázků z ergonomické normy obr. 3.9.



Obr. 3.9 Ergonomické aspekty při návrhu sedadla

Boční opora  
nohou



Opora  
v bederní  
oblasti

Boční  
opora těla

Sklon  
sedáku

*Obr. 3.10 Požadavky sportovního sedadla*

Sedadlo bude vyrobeno ze stejného materiálu, jako je celá kapota motokáry, ze sklolaminátu, popřípadě uhlíkových vláken. Jeho svrchní část je potažená látkou jako u běžných motokár. Velkou předností je minimální hmotnost oproti různým látkovým sedadlům, ovšem na úkor pohodlí jezdce.

Model sedadla společně s ergonomickou studií se nachází na obr. 3.11 a 3.12. V sedadle na obr. 3.12 je umístěn jezdec o výšce 180 cm. Výška sedadla je 85 cm a délka sedáku je 40 cm. Navržené sedadlo má dostatečné boční vedení jak pro tělo, tak i pro nohy.

Dále je zde dostatečná bederní opora a délka a sklon sedáku.

Z důvodu konstrukce podvozku je řidičovo sedadlo mírně posunuto vlevo, není tedy klasicky uprostřed



*Obr. 3.11 Výsledná podoba sedadla z předního a zadního pohledu*



*Obr. 3.12 Sedadlo s jezdcem (využití Human Activity Analysis Workbench)*

### **3.4.2 Volant**

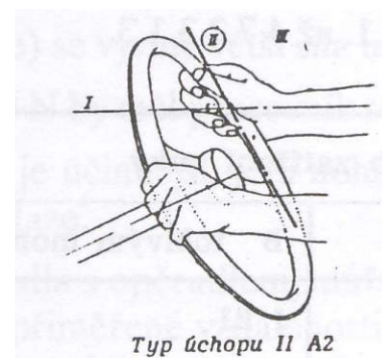
Tvar volantu je navržen s ohledem na řidičovo pohodlí, nemá tedy klasicky známou prstencovou konstrukci věnce, ale jeho spodní část je zarovnaná. Spodní úkos přispívá k většímu prostoru pro jezdcovy nohy v kolenní části, což je vhodné zejména z ergonomické stránky.

Z ergonomického hlediska byl dle tabulky na obr. 3.13 určen, jaký způsob zatížení působí na jezdcovu ruku. Dle obr. 3.14 byl ve zmíněné tabulce vyhledán vhodný způsob držení. Za jízdy je při držení volantu jezdcová ruka namáhána příčnou osovou silou.

Jelikož při jízdě s motokárou, přesněji při zatáčení nedochází k tzv. protáčení volantu, známého např. z aut, kde k přetočení musíme volantem pohnout cca. o 3 otáčky, nebude tento úkos nijak vadit. Výsledná vizualizace volantu je na obr. 3.15.



Směr zatížení ruky		Základní tvar hmatníku		Způsob zatížení ruky	
				A osovou silou	B točivým momentem
Ovládací síla působí ve směru osy ruky nebo točivý moment kolem osy ruky	I	tyč	podél.	I A 1	I B1
			příč.	1	1
		kotouč	podél.	I A2	I B2
			příč.	2	2
	II	tyč	podél.	I A3	I B3
			příč.	3	3
		kotouč	podél.	I A4	I B4
			příč.	4	4
	III	tyč	podél.	II A1	II B1
			příč.	5	5
		kotouč	podél.	II A2	II B2
			příč.	6	6
	IV	tyč	podél.	II A3	II B3
			příč.	7	7
		kotouč	podél.	II A4	II B4
			příč.	8	8
	V	tyč	podél.	III A1	III B1
			příč.	9	9
		kotouč	podél.	III A2	III B2
			příč.	10	10
	VI	tyč	podél.	III A3	III B3
			příč.	11	11
		kotouč	podél.	III A4	III B4
			příč.	12	12



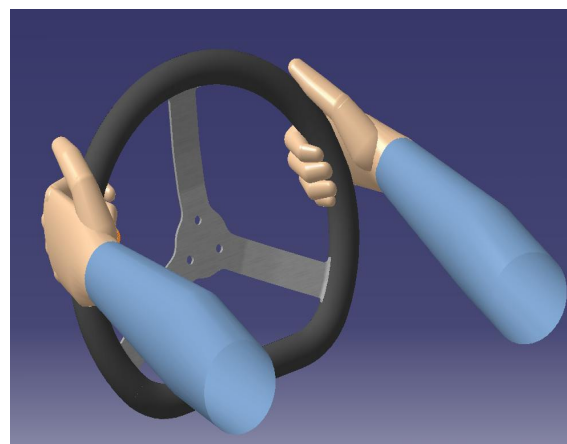
Obr. 3.13 Tabulka způsobů zatížení rukou

Obr. 3.14 Držení volantu a způsob namáhání rukou

Držení volantu je zobrazeno na obr. 3.16 s využitím programu Catia a Human Activity Analysis Workbench. Tuto funkci 3D programu Catia jsem využil rovněž při návrhu sedadla.



Obr. 3.15 Výsledná podoba volantu



Obr. 3.16 Držení volantu



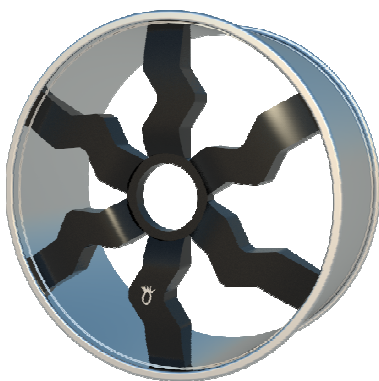
### 3.4.3 Kola

Po konzultaci s řešiteli podvozku byl při návrhu kol limitujícím údajem pouze vnější průměr pneumatiky, který je 250 mm a souvisí se záběrem spojky u motokáry.

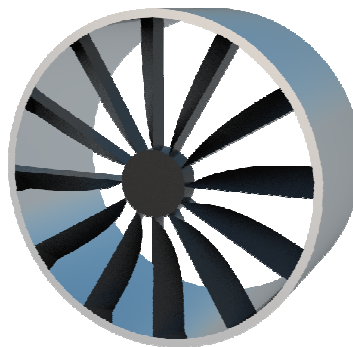
Velikost pneumatik je volena s ohledem na to, že zde není žádné odpružení, na druhé stránce jsem se snažil zachovat estetický dojem (větší disk, menší pneu).

Návrhů, jaký design kol bylo několik. Původně se zamýšlelo řešení na obr. 3.17. Jedná se o klasický 6 paprskový disk, ovšem zvláštností je zde „narušení paprsků“, které dodává kolu určitou svižnost a dynamiku.

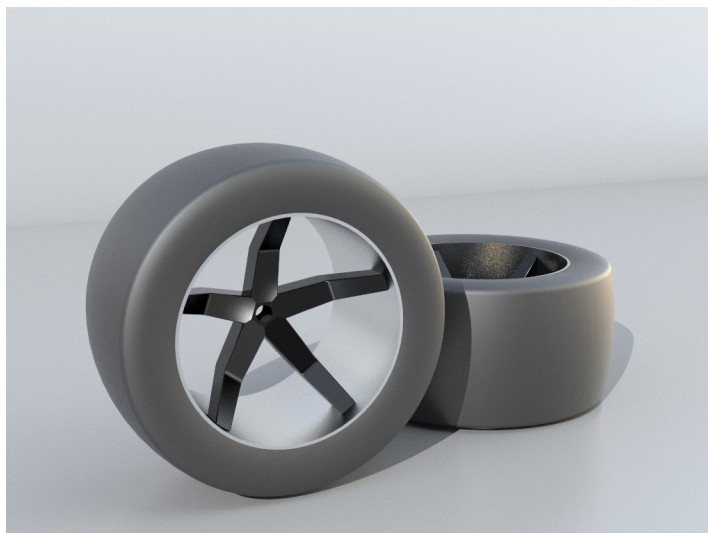
Dalším z návrhů byl disk na obr. 3.18. Jedná se o moderní disk, u kterého je základním tvarem volena vrtule. Tento disk je v dnešní době hojně využíván mnoha automobilkami. Poslední, výsledná podoba disku včetně pneumatik, kterou jsem použil pro výsledné vizualizace je na obr. 3.19. Jedná se o 5 - ti paprskový disk, u kterého stojí za povšimnutí nejen prohnutí směrem dovnitř disku, ale také zlom u každého paprsku.



*Obr. 3.17 Dynamický disk*



*Obr 3.18 Moderní disk*



*Obr. 3. 19 Výsledná litá kola s pneumatikou*

## 4 Výpočty a použité komponenty

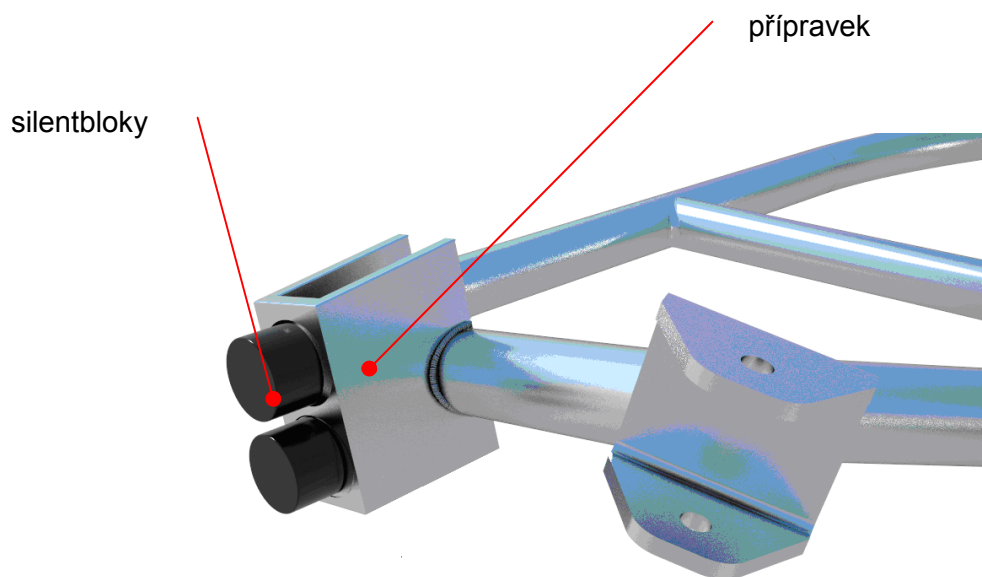
Při rozhodování, jak upevnit kapotu k rámu motokáry byly uvažovány 2 řešení.

### 4.1 1. Varianta uchycení

Prvním řešením by bylo klasické připevnění za použití úchytů na obr. 4.1, které se přivaří k rámu motokáry v přední a zadní části.

Na úchyty se připevní (přišroubují) silentbloky, které zde mají funkci tlumení vibrací, které vznikají při chodu motoru i při samotném provozu motokáry. Následně se do kapoty vyvrtají díry na předem vyznačených místech a přišroubuje se k rámu.

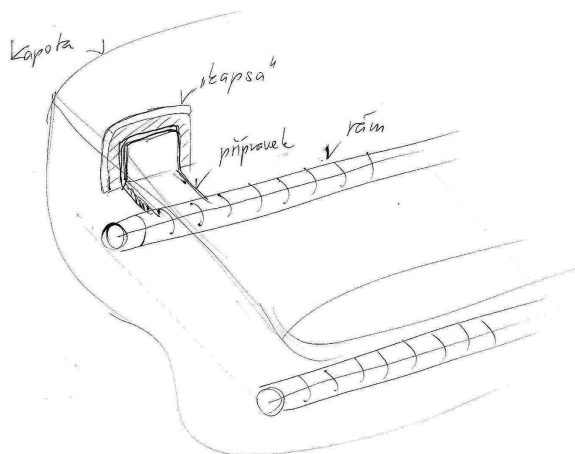
U této varianty patří k výhodám, že tento spoj se používá téměř běžně a je prověřená praxí, výroba a montáž je jednoduchá, totéž se týká eventuální opravy zařízení.



Obr. 4.1 Znázornění varianty č. 1

## 4.2 2. Varianta uchycení

Druhým možným řešením by mohl být dosud nevyzkoušený spoj obr. 4.2., který funguje na principu zasunutí přivařených držáků do „kapes“ na kapotě. Možné řešení je na obr. 4.3

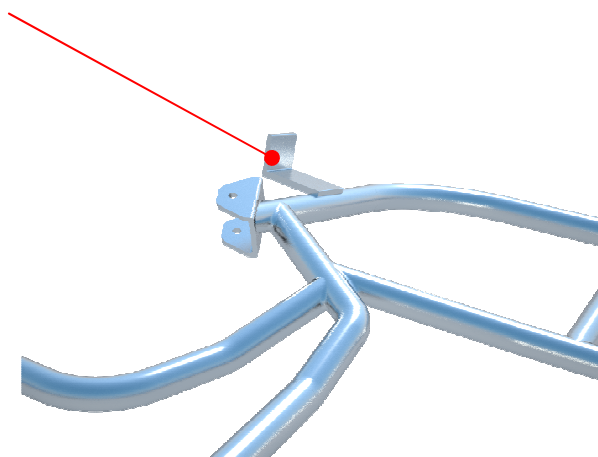


Obr. 4.2 Připevnění varianta 2.

Výhodami toho spoje jsou cena (nejsou zapotřebí další spojovací součásti), není třeba vrtat do kapotáže (spojení s rámem není vidět jako v prvním případě) a jako největší přednost tohoto spoje bych viděl jeho rychlou a snadnou výměnu např. v případě porušení kapoty.

Mezi nevýhody tohoto spojení je již dříve zmiňovaná neznalost, není odzkoušen a tudíž nevíme, jak by se za provozu choval, jaké by byly jeho funkční vlastnosti.

přípravek



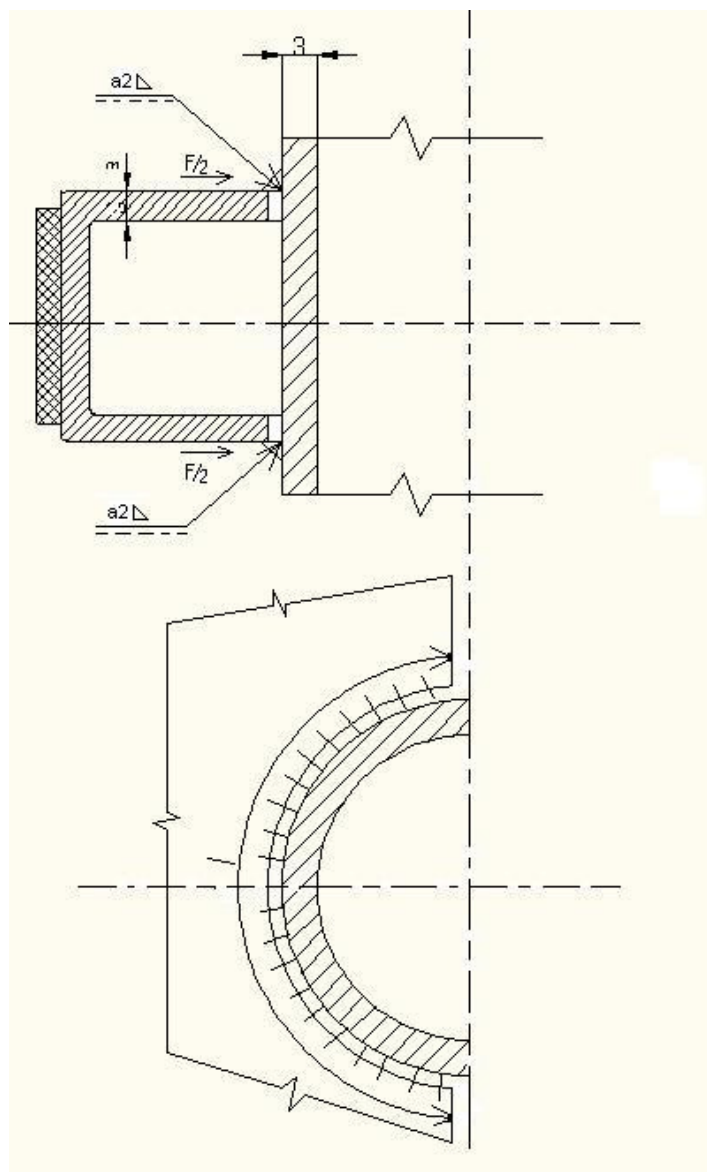
Obr. 4.3 Přední část rámu s přípravek pro zasunutí do „kapsy“

### 4.3 Pevnostní výpočty

Po konzultaci s pracovníky v dílně, ve které vznikal StudentCar bylo zvoleno první řešení, tedy odzkoušená spojovací varianta, připevnění pomocí přípravek se silentbloky a šrouby.

Pro držáky byl navrhnout materiál z konstrukční oceli třídy 11, konkrétně 11373, což je konstrukční ocel se zaručenou tavnou svažitelností, pro jednoduché, mírně namáhané součásti. Polotovar je válcovaný pás za tepla 85 x 3 ČSN 42 5340 - 11373.1.

Zatížení na silentblok je kontrolováno na sílu 200N (např. opření o kapotáž v místě spoje). Výpočtem je zkontrolována situace v případě, že se přípravek pro uchycení neopírá o trubku rámu a je připevněn s vůlí, pak je namáhán smykovým napětím obr. 4.4.



Obr. 4.4 Schématický obrázek svaru

Na začátku byl zvolen charakteristický rozměr svaru  $a = 2 \text{ mm}$  a byla vypočtená délka svarové plochy pro jednu stranu přípravku. Délku svaru je určena vzorcem 4.1 z poloviny obvodu trubky rámu, ke které je přípravek přivařen.

#### Délka svaru

$$l = \frac{\pi * d}{2} - 2a$$

$$l = \frac{\pi * 30}{2} - 2 * 2 \quad (4.1)$$

$$\underline{\underline{l = 43,12 \text{ mm}}}$$

Dále je vypočtena plocha svaru 4.2, na kterou bude působit smykové napětí. Je tvořena charakteristickým rozměrem svaru a vypočtenou délkou svaru.

#### Plocha svaru

$$S = a * l$$

$$S = 2 * 43,12$$

$$\underline{\underline{S = 86,248 \text{ mm}^2}} \quad (4.2)$$

Na řadu přichází konečná kontrola svaru smykovým napětím  $\tau$ . Počítá se zde namáhání jednoho svaru smykovou silou  $F/2$ .

Nejprve se ze strojnických tabulek určily vlastnosti zvoleného materiálu (11373) a bylo vypočteno dovolené napětí, které může v materiálu vzniknout.

Dle tabulek má materiál zaručené minimální dovolené napětí na mezi kluzu  $R_e = 186 \text{ MPa}$ . Součinitel bezpečnosti pro dané napětí byl zvolen  $k = 2$ .

#### Dovolené napětí materiálu

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k}$$

$$\sigma_D = \frac{186}{2}$$

$$\underline{\underline{\sigma_D = 93 \text{ MPa}}} \quad (4.3)$$

Z dovoleného napětí zvoleného materiálu se vypočítalo dle vzorce 4.4 dovolené smykové napětí, které se může vyskytnout ve spoji.

#### Dovolené smykové napětí

$$\begin{aligned}\tau_D &= 0,5 * \sigma_D \\ \tau_D &= 0,5 * 93 \\ \tau_D &= \underline{\underline{46,5 MPa}}\end{aligned}\tag{4.4}$$

Nakonec se vypočetlo, zda - li je napětí ve spoji menší nežli dovolené smykové napětí.

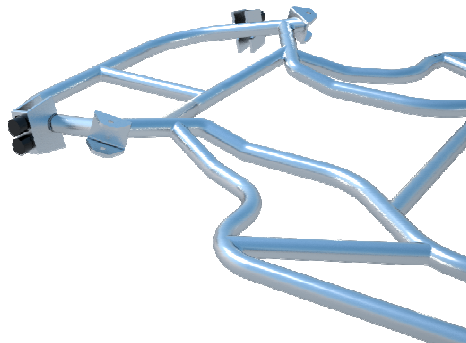
#### Kontrola napětí

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F/2}{S} \leq \tau_D \\ \tau &= \frac{100}{86,24} \leq \tau_D \\ \tau &= \underline{\underline{1,16 MPa}} \leq \tau_D\end{aligned}\tag{4.5}$$

Výsledné napětí  $\tau$  působící na svarový spoj je mnohem menší než vypočítané napětí dovolené  $\tau_D$ , spoj tedy konkrétní zatížení při náhodném opěru silou 200N snese.

## **4.4 Vizualizace úchytů pro kapotu**

Na obr. 4.5 je zobrazeno finální řešení přípravků, které slouží k přichycení kapoty přední části. V zadní části rámu jsou obdobné.



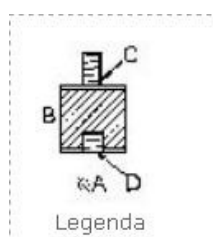
*Obr. 4.5 Přední část rámu s úchyty*

## 4.5 Použité spojovací součásti

Silentbloky obr 4.6 jsem volil z katalogu firmy FRAM

Po poradě s pracovníky v dílně, kde vznikal StudentCar jsem volil následující řadu:

Typ silentbloku	Rozměry				zatižitelnost pracovní / maximální
	A průměr silentbloku	B výška silentbloku	C rozměr šroubu	D velikost matice	
S4020	40	20	M8x20	M8	130/160Kg



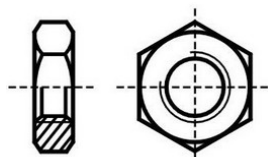
Obr. 4.6 Tabulka s rozměry silentbloku

Šrouby obr. 4.7 pro připojení kapoty jsou voleny z nabídky firmy Karos. Jedná se o kalíškové šrouby AN 50/A2. Důvod volby kalíškových šroubů je ten, že nebudou vystupovat po přišroubování ke kapotě žádné hrany a tudíž nedojde k žádným oděrkám nebo zraněním v okolí spoje.

Šrouby jsou doplněny maticemi obr. 4.8 pro připevnění silentbloku k přípravku. Matice i šrouby jsou doplněny o podložky a vyrobeny z nerezové oceli, měly by tedy být odolné vůči povětrnostním vlivům.



Obr. 4.7 Spojovací šroub



Obr. 4.8 Matice



## 5 Výsledné vizualizace





## Barevná provedení



## 6 Zhodnocení a závěr

Přehledem nabídky současného trhu byly stanoveny přibližné představy o řešení kapoty motokáry.

Z několika navržených variant byla po konzultaci vybrána ta nejvhodnější, na které se pracovalo až do její finální podoby. Ve 3D programu Rhinoceros byla navržena kapota včetně všech detailů.

Po konzultacích s pracovníky z dílny, která se zabývala vývojem StudentCaru byly navrženy přípravky pro uchycení vytvořené kapoty k rámu motokáry. Jelikož přípravky budou ke kapotě přivařeny, bylo zkontrolováno případné zatížení svaru náhodným opřením o kapotu motokáry. Výsledná napětí byla zanedbatelná a pevnost svaru u přípravku tedy byla vyhovující.

Poté byla zpracovaná technická dokumentace k práci v podobě výrobního výkresu přípravku k uchycení kapoty a sestavného výkresu kapoty s podvozkem.

Ve finále této práce je koncepční návrh kapoty v několika variantách barevného provedení, vymodelovaný ve výše zmiňovaném 3D programu s možným návrhem připevnění ke stávajícímu rámu řešeného diplomanty. Výsledný koncept se vyznačuje dynamickým vzhledem, zohledněnými ergonomickými hledisky a nezbytnými bezpečnostními prvky.

Na základě vytvořených variant a navrženého řešení lze konstatovat, že cíle bakalářské práce byly splněny.

## 7 Seznam použitých pramenů

### **Použitá literatura:**

- [1] Král, M.: Ergonomie a její využití v technické praxi II. První vydání. Alexandr Vávra, VAVA, Ostrava, 1998. ISBN 80-86168-04-2.
- [2] Leinveber, J.: Vávra P.: Strojnické tabulky, první vydání, Albra, spol. s.r.o., Úvaly, Praha, 2003, ISBN 80-86490-74-2.
- [3] Dejl, Z.: Konstrukce strojů a zařízení 1 - spojovací části strojů, Montanex s.r.o., Ostrava 2000, ISBN 80-7225-018-3.

### **Fotodokumentace v rešerši:**

Pro vyhledávání fotek výrobků byl použit vyhledávač obrázků Google.

- [4] URL: <http://images.google.com>

### **Použité komponenty a materiály:**

- [5] URL: [www.rubber.cz](http://www.rubber.cz)
- [6] URL: [www.akros.cz](http://www.akros.cz)

## 8 Přílohy

[1] CD

[2] Výkres sestavy, č. v.

DRO117 – SB3KSD01 – 01 S

[3] Výrobní výkres přípravku č. v.

DRO117 – SB3KSD01 – 01 - 01